



(11) Numéro de publication : **0 539 297 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92402888.9**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H01Q 17/00**

(22) Date de dépôt : **22.10.92**

(30) Priorité : **25.10.91 FR 9113202**

(43) Date de publication de la demande :  
**28.04.93 Bulletin 93/17**

(84) Etats contractants désignés :  
**DE DK GB IT**

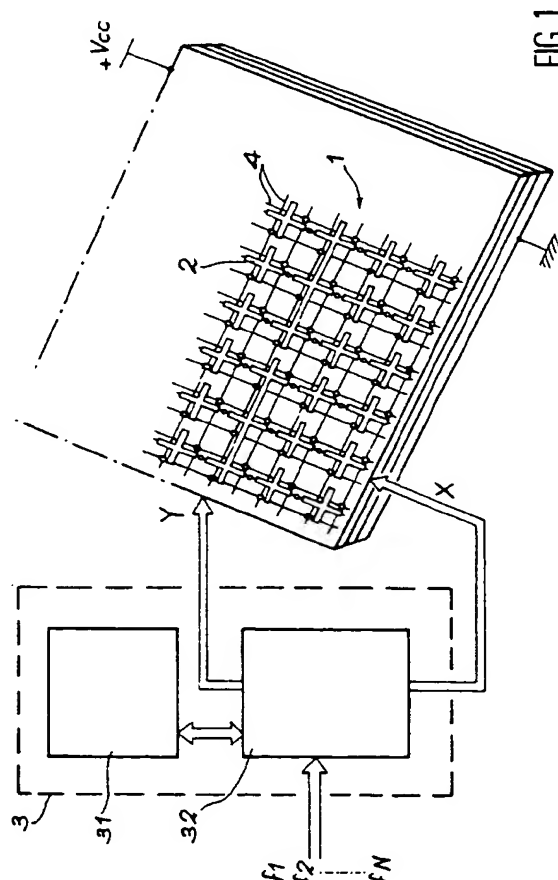
(71) Demandeur : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE  
ATOMIQUE**  
**31-33, rue de la Fédération**  
**F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur : **France, Alain, Résidence Parc  
Caudéran**  
**Apptl 513, 45 rue de la Dauphine**  
**F-33200 Bordeaux Cauderan (FR)**  
Inventeur : **Niez, Jean-Jacques, Résidence**  
**Rosiers Bellevue**  
**F-33170 Gradignan (FR)**

(74) Mandataire : **Mongrédién, André**  
**c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu**  
**F-75008 Paris (FR)**

(54) **Dispositif à surface sélective en fréquence accordable.**

(57) L'invention a pour objet un dispositif à surface sélective en fréquence comportant au moins un réseau (1) d'éléments conducteurs constituant des motifs élémentaires (2). Selon l'invention le dispositif comporte des moyens de couplage (4) entre les éléments conducteurs, sélectionnés et commandés par des moyens de commande (3) de manière à modifier la dimension apparente des motifs rendant ainsi le réseau sélectif accordable dans une large gamme de fréquences, ces moyens de couplage (4) comportant une première série de composants électroniques (44), une deuxième série de composants électroniques (45) permettant d'actionner les composants de la première série et de contrôler leur conduction, les composants (45) de la deuxième série étant reliés par au moins un fil d'adressage (41, 42) aux moyens de commande (3).



L'invention concerne un dispositif à surface sélective en fréquence comportant au moins un réseau d'éléments conducteurs constituant des motifs élémentaires.

La réduction de la surface équivalente radar d'une cible peut être obtenue de façon classique, en la revêtant de matériaux absorbant les ondes électromagnétiques. De nombreuses catégories de revêtements existent et présentent malheureusement toutes des inconvénients. Par exemple :

- les revêtements absorbants minces par rapport à la longueur d'onde doivent présenter des pertes magnétiques. Ils sont donc très denses et ne peuvent être accordés que dans des gammes de fréquences limitées : l'octave, ou quelques octaves au plus, selon l'absorption recherchée,
- les revêtements absorbants épais permettent de résoudre ce problème de la bande passante, mais à condition toutefois que le coefficient de réflexion à l'interface vide-matériau soit faible. Ce coefficient fixe les performances d'ensemble de la structure absorbante. Ceci ne peut être obtenu qu'avec des matériaux très peu denses, surtout si une très faible réflectivité est recherchée. Il s'agit alors de produits fragiles, qui doivent être nécessairement placés à la surface de l'objet à protéger,
- dans tous les cas, la meilleure efficacité n'est obtenue qu'en revêtant à peu près complètement la cible, ce qui présente de nombreux inconvénients de conception,
- et enfin, l'efficacité des absorbants est très variable selon la forme de la cible, l'angle d'arrivée des ondes ainsi que leur polarisation.

Le prix à payer, exprimé en kilogramme par mètre carré de revêtement, peut paraître élevé en regard de la réduction de réflectivité obtenue, et de la puissance à dissiper.

Il est par ailleurs connu que les surfaces sélectives en fréquences, constituées par des motifs conducteurs isolés les uns des autres et se répétant périodiquement sur la même surface, peuvent être utilisées pour constituer des structures non réfléchissantes très efficaces pour une fréquence ou une bande très étroite de fréquence donnée.

En effet la longueur d'onde de fonctionnement est très étroitement liée aux dimensions des motifs, et il est par conséquent impossible d'obtenir avec de telles surfaces une réflectivité basse dans de très larges gammes de fréquences.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients.

L'invention a pour objet un dispositif à surface sélective en fréquence comportant au moins un réseau d'éléments conducteurs constituant des motifs élémentaires, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de couplage entre les éléments conducteurs,

sélectionnés et commandés par des moyens de commande de manière à modifier la dimension apparente des motifs rendant ainsi le réseau sélectif accordable dans une large gamme de fréquences, en ce que ces moyens de couplage comportent une première série de composants électroniques, une deuxième série de composants électroniques permettant d'actionner les composants de la première série et de contrôler leur conduction, et en ce que les composants de la deuxième série sont reliés par au moins un fil d'adressage aux moyens de commande.

Ce dispositif permet d'obtenir une modulation à volonté de la dimension apparente des motifs et ainsi :

- de réaliser une surface sélective à fréquence d'accord variable,
- de réaliser des structures absorbantes à profondeur "électrique" (celle vue par les ondes) variables,
- de réaliser des antennes d'émission/réception non réfléchissantes entre deux émission-réception.

Une autre caractéristique de l'invention consiste en ce que les moyens de couplage comportent une première série de composants électroniques et une deuxième série de composants électroniques permettant d'actionner les composants de la première série et de contrôler leur conduction.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre illustratif et non limitatif et en regard des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente un schéma de principe du dispositif selon l'invention,
- la figure 2A représente un schéma partiel plus détaillé du réseau de motifs élémentaire du dispositif conforme à l'invention,
- la figure 2B représente le schéma d'un détail selon la figure 2A,
- la figure 3 représente le schéma du réseau du dispositif selon l'invention correspondant à une configuration donnée,
- la figure 4 illustre le schéma d'un dispositif conforme à l'invention dans le cas où ce dispositif peut aussi être utilisé en tant qu'antenne radiofréquence d'émission-réception.

On a représenté sur la figure 1 le schéma d'un dispositif conforme à l'invention. Ce dispositif est un dispositif à surface sélective en fréquence accordable. Il comporte un réseau 1 d'éléments conducteurs portant la référence 2. Ces éléments conducteurs 2 constituent des motifs élémentaires tels que ceux qui sont par exemple représentés sur cette figure sous une forme cruciforme.

Avec une telle configuration et en fonction de la taille des motifs élémentaires, le réseau est susceptible d'absorber un rayonnement radiofréquence à une fréquence donnée désirée et de se comporter en

miroir c'est-à-dire en surface réfléchissante pour des rayonnements radiofréquence de fréquence autres que cette fréquence donnée.

Cependant, conformément à l'invention les motifs élémentaires vont pouvoir être couplés entre eux selon des configurations prédéterminées qui vont rendre la surface, c'est-à-dire le réseau d'éléments conducteurs, accordable dans une large gamme de fréquences.

Ainsi le dispositif à surface sélective en fréquence est rendu accordable c'est-à-dire qu'il pourra être absorbant vis-à-vis d'un rayonnement radiofréquence dans une large gamme de fréquence.

Conformément à l'invention ce dispositif permet également comme cela sera décrit ultérieurement de se comporter en antenne d'émission-réception large bande.

Sur la figure 1, on a également représenté des moyens de commande 3 et des moyens 4 permettant d'établir des couplages entre les éléments conducteurs des différents motifs élémentaires.

Les moyens de commande 3 sont susceptibles de recevoir différentes fréquences dans une large gamme de fréquences et de commander et sélectionner les moyens de couplage 4 de manière à modifier la dimension apparente des motifs élémentaires rendant ainsi le réseau sélectif accordable sur chacune des fréquences d'entrée  $f_1, f_2, \dots, f_n$ .

Selon un aspect de l'invention les moyens de commande 3 permettent de réaliser un adressage matriciel du réseau pour sélectionner et commander les couplages entre motifs élémentaires. Selon un autre aspect de l'invention qui sera détaillé ultérieurement, au lieu de réaliser un adressage matriciel l'on pourra dans certaines conditions réaliser un adressage parallèle.

Selon un autre aspect de l'invention les moyens de commande comportent une mémoire 31 et un processeur 32. La mémoire contient les différentes configurations possibles à donner au réseau en fonction des fréquences d'entrée qu'est susceptible de recevoir le processeur.

Le processeur permet d'aller lire dans la mémoire la configuration à donner à ce réseau suivant la fréquence qu'il reçoit et d'adresser le réseau en conséquence pour commander ou contrôler les couplages à réaliser.

La description va maintenant être détaillée simplement à partir du schéma des figures 2A et 2B. Le schéma de la figure 2A illustre une portion du réseau et fait apparaître plus en détail les moyens de couplage conformes à l'invention.

Ces moyens de couplage comportent une première série de composants électroniques 44 susceptibles d'établir un couplage et une deuxième série de composants électroniques 45 permettant d'actionner les composants de la première série.

Un composant de couplage 44 est prévu entre les

extrémités des motifs (cruciformes) se trouvant suivant le même alignement. Selon le mode de réalisation qui est représenté sur la figure 2, on a donc des composants de couplage 44 suivant des lignes et suivant des colonnes, lignes et colonnes qui vont permettre comme cela va être détaillé de sélectionner ces composants pour les commander de manière à réaliser ou à ne pas réaliser de couplage entre les deux motifs élémentaires auxquels ils sont reliés.

La deuxième série de composants 45 permet de sélectionner et de commander ou de contrôler le couplage effectué par les composants 44. Un composant 45 est prévu par composant 44. Ces composants 45 se retrouvent donc sous une forme matricielle et sont reliés à des lignes de conductrices 42 et à des colonnes conductrices 41. Les lignes 42 permettent l'adressage ligne en composants de couplage et les colonnes 41 permettent l'adressage colonne de ces composants.

Ces lignes 42 et ces colonnes 41 constituent des fils de commande d'adressage.

Le processeur 32 de la figure 1 permet d'envoyer des signaux de commande sur ces fils de commande d'adressage qui vont permettre aux composants 45 de commander les composants 44 de manière à ce que ces composants 44 prennent l'état logique correspondant à l'état logique qui a été enregistré dans la mémoire 31 pour la fréquence d'entrée qu'a reçu le processeur 32.

Le schéma de la figure 2B permet de détailler, de façon fonctionnelle, les connexions réalisées par les composants 44 et par les composants 45.

Comme on peut le voir sur cette figure 2B un composant 44 a deux points de connexion portant les références 1 et 2 et un point de connexion 3. Lorsque le composant reçoit un signal sur son entrée 3, il réalise le couplage symbolisé par l'interrupteur entre les points 1 et 2 qui dans le réseau correspond en fait à un couplage entre deux motifs élémentaires suivant un alignement donné.

Le composant 45 comporte deux entrées d'adressage qui sont les entrées 1 et 2, une sortie de tension de commande qui est le point 3 et une entrée qui est la tension d'alimentation VCC. Les points d'entrée d'adressage sont reliés aux fils de commande d'adressage 41 et 42 du réseau.

Conformément à l'invention les composants utilisés pour établir les couplages et établir les commandes de sélection et de couplage sont du type interrupteur.

Le dispositif conforme à l'invention peut être bidimensionnel ou tridimensionnel. Dans ce dernier cas les deux réseaux qu'il comporte sont sur deux plans superposés.

De façon pratique les schémas tels que représentés par exemple sur la figure 1 et qui a également été représenté de façon partielle sur la figure 2A montre un seul réseau d'éléments conducteurs constituant

des motifs élémentaires métalliques (éventuellement doté de propriétés magnétiques de type ferromagnétique) de forme cruciforme, carrée ou en forme de bâton. Leur pas de répétition dans les directions du plan peuvent être égaux ou différents.

Ces motifs élémentaires peuvent être associés entre eux de façon locale. Pour cela ils seront couplés entre eux de manière à former des groupes de motifs élémentaires.

Le couplage, lorsqu'il est réalisé entre ces différents motifs élémentaires permet de rendre conducteur l'entrefer entre certaines croix contigues et ce, en respectant une périodicité dans les deux directions du plan. Ces couplages ont pour effet de changer la taille et éventuellement la forme des motifs élémentaires et en conséquence de modifier les fréquences d'accord du filtre électromagnétique ainsi réalisé.

Pour obtenir un contrôle des propriétés de l'entrefer on utilisera un signal de commande approprié des composants de couplages 44 en fonction du choix de ces composants pour qu'ils ne fonctionnent pas en tout ou rien. Ce contrôle va permettre de passer de façon continue du court-circuit à un circuit ouvert ce qui relativement modifie aussi les propriétés électromagnétiques du filtre sans que nécessairement le pas électromagnétique efficace du réseau se trouve modifié.

Selon le type de composants électroniques utilisé dans l'entrefer entre les motifs élémentaires et en particulier comme on va le voir dans la suite dans le cas où l'on utilise des diodes, l'invention permet d'obtenir un découplage possible des propriétés magnétiques et électriques associées aux formes des motifs élémentaires.

Les composants pouvant être utilisés pour constituer l'entrefer entre les motifs élémentaires sont des composants de type interrupteur. Ces composants peuvent être :

- soit un composant photosensible déclenché par une diode photoluminescente le composant photosensible étant le composant 44 et la diode photoluminescente étant alors le composant 45,
- soit un composant à trois entrées. On utilisera par exemple des transistors MOS ou bipolaire en technologie silicium ou MESFET en technologie semi-conducteur III, V,
- soit un composant à deux entrées à fonction de transfert non linéaire de type diode.

Conformément à l'invention les composants de type interrupteurs 44 sont pilotés au niveau de leur commande par des interrupteurs 45 de type MOSFET par exemple, dont une des extrémités est reliée à une source de puissance et dont les commandes (il s'agit des grilles pour des transistors MOSFET) sont pilotées indépendamment les une des autres par le mode d'adressage matriciel qui a été précédemment décrit et qui est du type de celui que l'on trouve dans les mé-

moires DRAM comme cela a déjà été décrit. La mémoire prévue dans les moyens de commande est chargée par les diverses configurations des motifs que l'on désire implémenter sur le réseau. Cette mémoire pourra contenir le pas des motifs, les propriétés radioélectriques de l'entrefer. Le processeur est capable d'aller lire dans la mémoire les informations qui vont lui permettre de fournir des signaux de commandes d'adressage pour obtenir cette configuration.

Pour réaliser un tel réseau on pourra par exemple déposer les motifs élémentaires les composants et les lignes d'adressage sur ou dans une surface isolante (constituant un substrat). Ce substrat peut être par exemple de l'oxyde de silicium. Pour la réalisation du (ou des réseaux) on utilise les techniques de dépôt et de gravure qui servent à la réalisation de circuits microélectroniques.

Un tel réseau se comporte au plan électromagnétique et ou infrarouge comme une surface sélective en fréquence.

L'implémentation de moyens de couplage dans ledit réseau permet de contrôler les propriétés diélectriques équivalentes du matériau situé entre les motifs élémentaires et que l'on a appelé entrefer. Ce contrôle peut aboutir aux situations extrêmes qui sont l'isolation électrique complète ou le court circuit.

L'implémentation des composants 44 et 45 et des lignes d'adressage 1, 2 qui est réalisée par des techniques de dépôt et de gravure classiques utilisées en microélectronique peut être réalisée sur des plans distincts de celui sur lequel sont placés les motifs 2. Les composants et les lignes peuvent donc être dans la surface isolante (substrat) ou sur cette surface isolante.

Dans le cas d'une réalisation tridimensionnelle les deux réseaux réalisés seront superposés.

Le schéma de la figure 3 permet d'illustrer une configuration possible obtenue pour le dispositif conformément à l'invention. Sur cette figure on a symbolisé par une continuité des motifs la fermeture des entrefers entre les différents motifs élémentaires.

Les entrefers pour lesquels les interrupteurs ont été fermés n'apparaissent donc plus sur ce schéma les interrupteurs assurant le couplage entre les motifs élémentaires n'ont pas non plu été représentés.

La figure 4 permet d'illustrer une autre configuration possible dans laquelle le réseau comporte des motifs élémentaires indépendants sur sa périphérie. L'intérieur du réseau constitue un maillage de forme rectangulaire. Cette configuration peut servir à réaliser une antenne d'émission-réception radiofréquence. Pour cela le réseau va comporter en plus comme on peut le voir sur la coupe AA' schématisée au-dessous du réseau des moyens 6 d'alimentation radiofréquence des éléments rayonnant. On voit donc sur cette coupe AA' les éléments rayonnants 2 en surface du substrat diélectrique 10. L'alimentation des éléments rayonnant 2 est réalisée par des lignes conductrices

6 qui traversent le substrat.

Le substrat comporte également pour cela, par exemple sur sa face inférieure, une structure conductrice 7 constituant une masse électrique pour le dispositif.

Le dispositif tel qu'il est décrit à propos de la figure 4 peut avoir une configuration pour fonctionner en antenne uniquement pendant le temps strictement nécessaire à la fonction émission-réception se qui ne modifie la réflectivité de la surface que pendant des temps très brefs. En dehors de ces périodes d'émission-réception le dispositif reste une surface sélective en fréquence accordable.

### Revendications

1. Dispositif à surface sélective en fréquence comportant au moins un réseau (1) d'éléments conducteurs constituant des motifs élémentaires (2), caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de couplage (4) entre les éléments conducteurs, sélectionnés et commandés par des moyens de commande (3) de manière à modifier la dimension apparente des motifs rendant ainsi le réseau sélectif accordable dans une large gamme de fréquences, en ce que ces moyens de couplage (4) comportent une première série de composants électroniques (44), une deuxième série de composants électroniques (45) permettant d'actionner les composants de la première série et de contrôler leur conduction, et en ce que les composants (45) de la deuxième série sont reliés par au moins un fil d'adressage (41, 42) aux moyens de commande (3).
2. Dispositif à surface sélective selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de commande (3) comportent un processeur (32) pour envoyer des signaux de commande sur les fils de commande d'adressage, des moyens de mémorisation (31) de l'état dans lequel doit se trouver chaque composant (44) de la première série pour obtenir une sélectivité aux différentes fréquences désirées.
3. Dispositif à surface sélective selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque composant (45) de la deuxième série est relié à deux fils (41, 42) de commande d'adressage ligne-colonne permettant ainsi d'obtenir un adressage matriciel.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les composants (44, 45) sont du type interrupteur.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les composants (44) de la première série sont des composants à trois entrées.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les composants (44) de la première série sont des composants à deux entrées à fonction de transfert non linéaire.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les composants (45) de la deuxième série sont des transistors du type MOSFET dont une électrode est reliée à une tension d'alimentation (VCC) et dont les électrodes de commande sont reliées aux fils de commande d'adressage (41, 42).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les motifs documentaires (2) sont déposés sur une couche d'isolant (10).
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les composants (44, 45) électroniques sont déposés sur la couche d'isolant (10) portant les motifs élémentaires (2).
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les composants électroniques (44, 45) sont déposés sur une première couche d'isolant, les éléments conducteurs étant déposés sur une deuxième couche d'isolant, la deuxième couche étant superposée à la première.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le dispositif comporte plusieurs réseaux de motifs élémentaires, chacun étant déposé sur une couche d'isolant, les différentes couches étant superposées, le dispositif constituant ainsi une structure absorbante à profondeur électrique variable.
13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que les composants électroniques assurant les couplages pour un réseau donné sont déposés sur la couche d'isolant portant les éléments conducteurs correspondants.
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments

ments conducteurs sont reliés à des moyens (6) d'alimentation radiofréquence de manière à pouvoir fonctionner en antenne d'émission-réception.

5

10

15

20

25

30

35

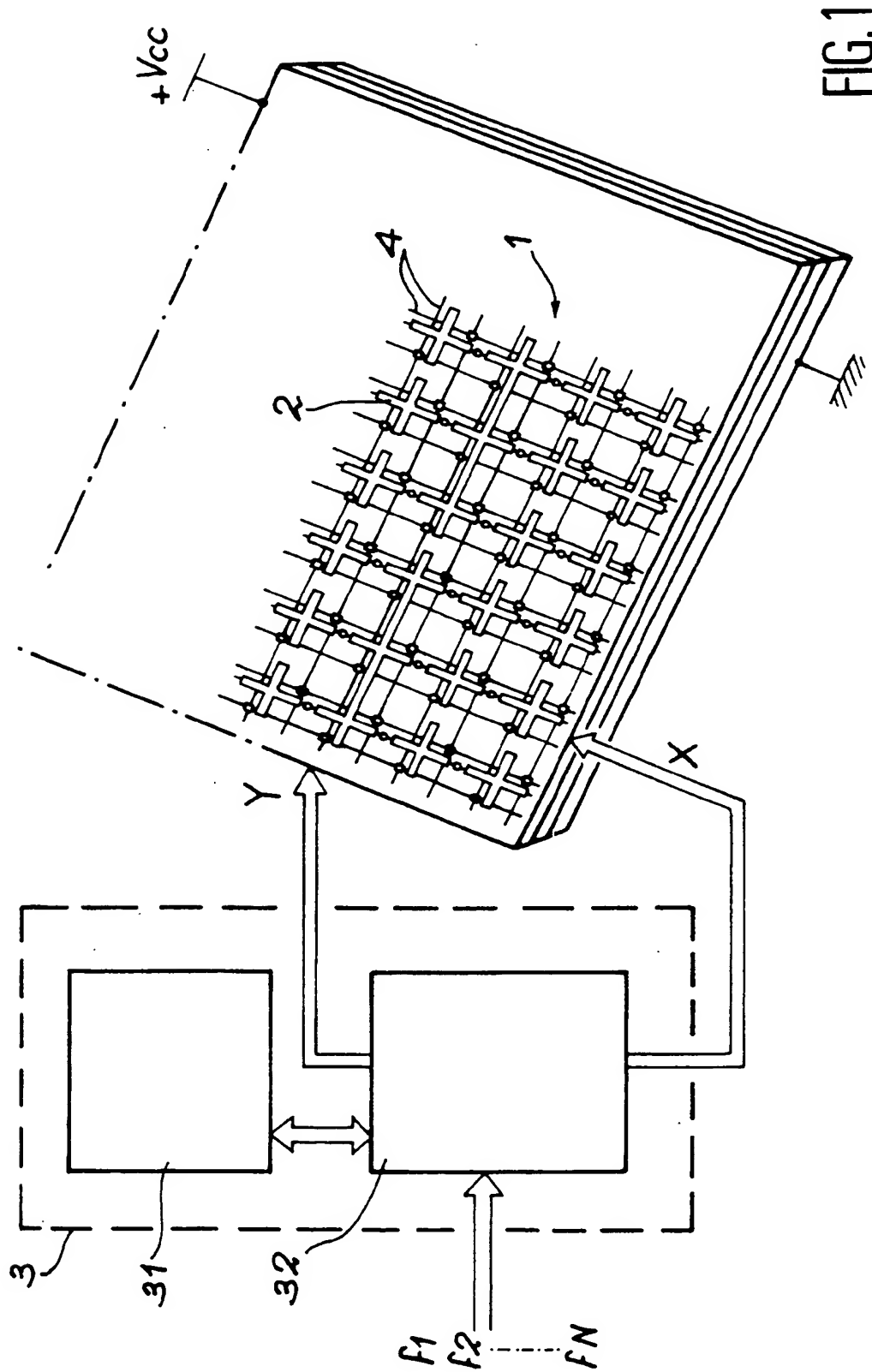
40

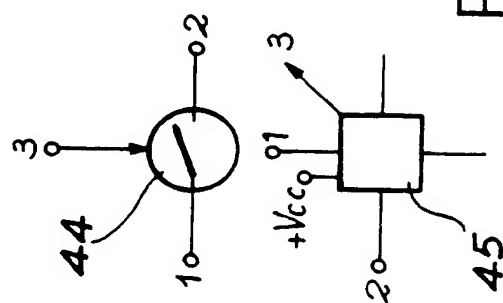
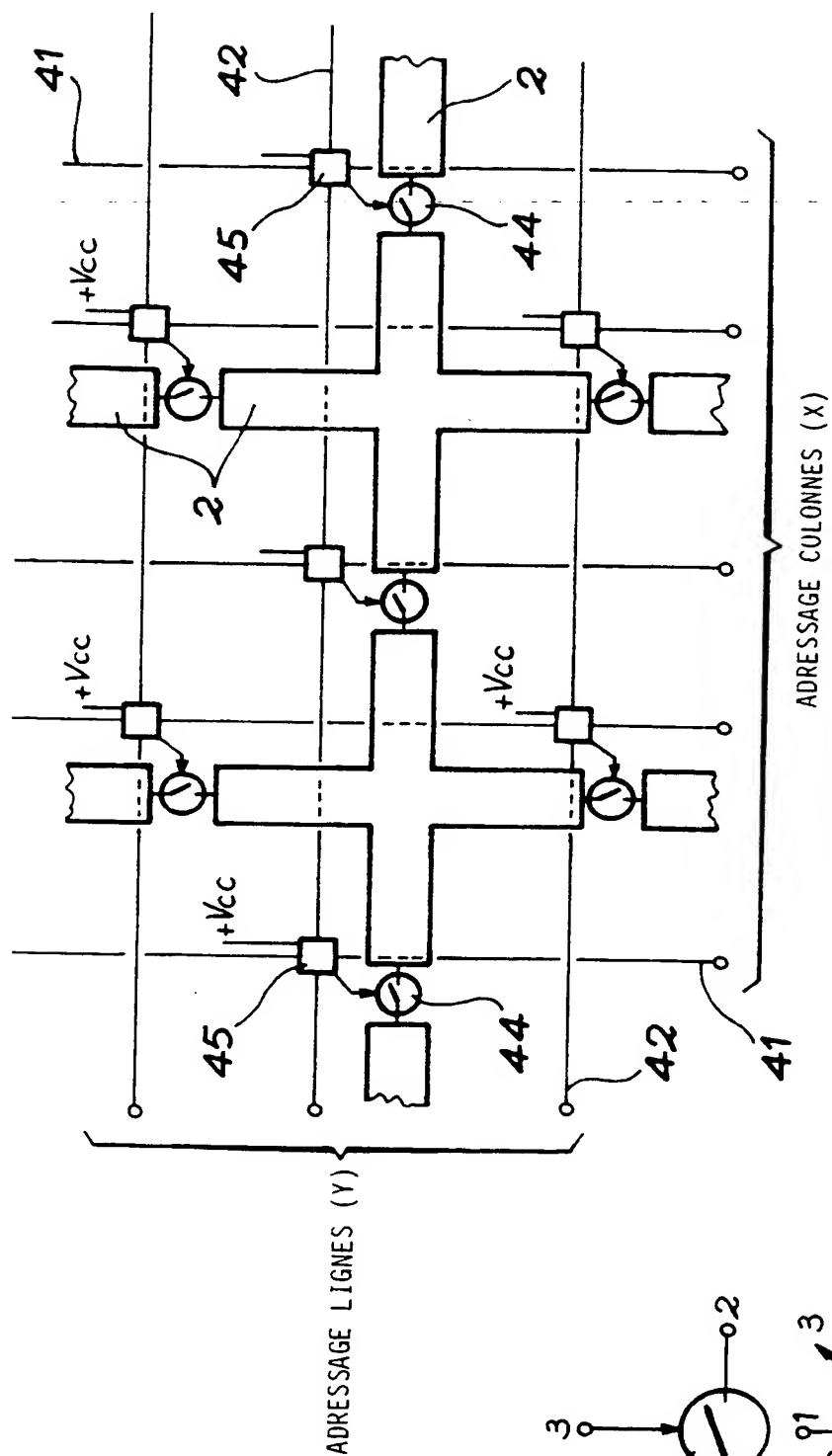
45

50

55

6







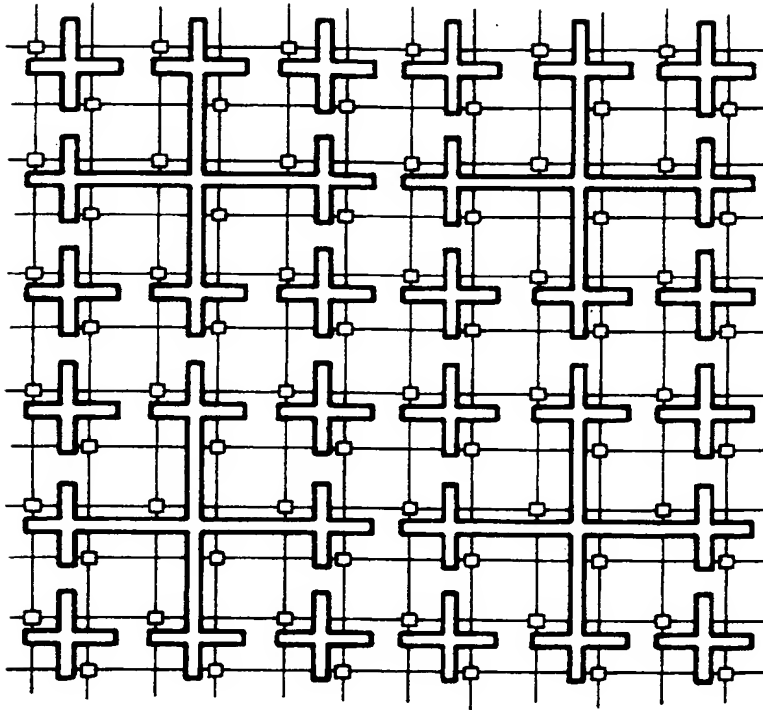
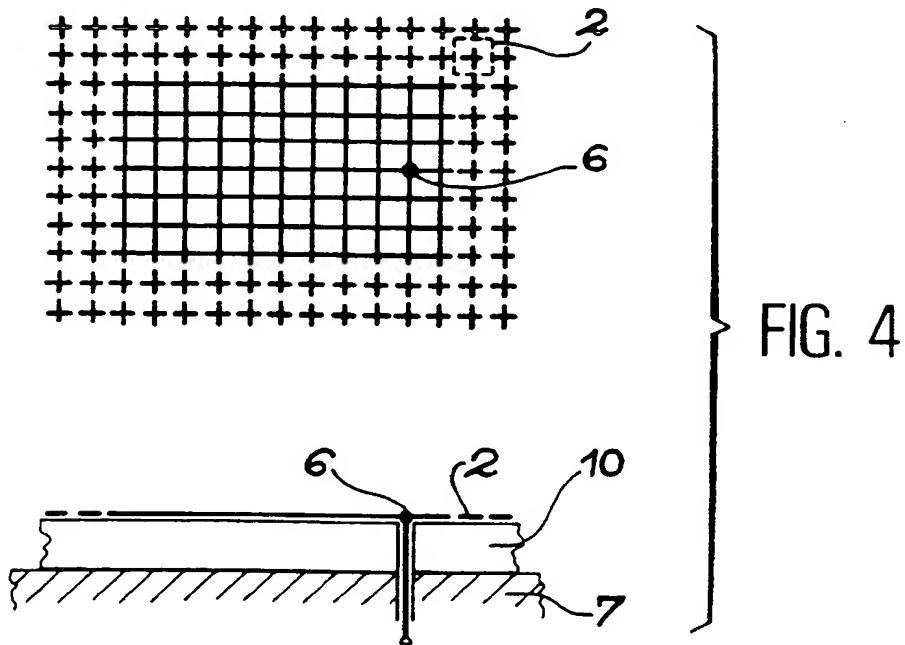


FIG. 3





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2888

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. CL.5)
Y	US-A-3 955 201 (CRUMP) * abrégé; figures 1,6,8 * * colonne 4, ligne 42 - ligne 56 *	1	H01Q17/00
Y	DE-C-1 004 248 (WERNER GENEST, GESELLSCHAFT FÜR ISOLIERUNGEN M.B.H.) * colonne 5, ligne 30 - ligne 36; figure 3 *	1	
A	*Idem*	9	
A	US-A-4 922 253 (NATHANSON ET AL.) * abrégé; figures 4,5 * * colonne 6, ligne 46 - ligne 68 *	1,5	
A	US-A-4 684 954 (SUREAU ET AL.) * le document en entier *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.5)
			H01Q
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 25 JANVIER 1993	Examinateur DANIELIDIS S.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.92 (P0402)